

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-151946

(43)公開日 平成6年(1994)5月31日

(51)Int.Cl.⁵
H 0 1 L 31/108

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

8422-4M

H 0 1 L 31/ 10

C

審査請求 未請求 請求項の数5(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平4-302246

(22)出願日 平成4年(1992)11月12日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者 宝川 幸司

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 植松 芳彦

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

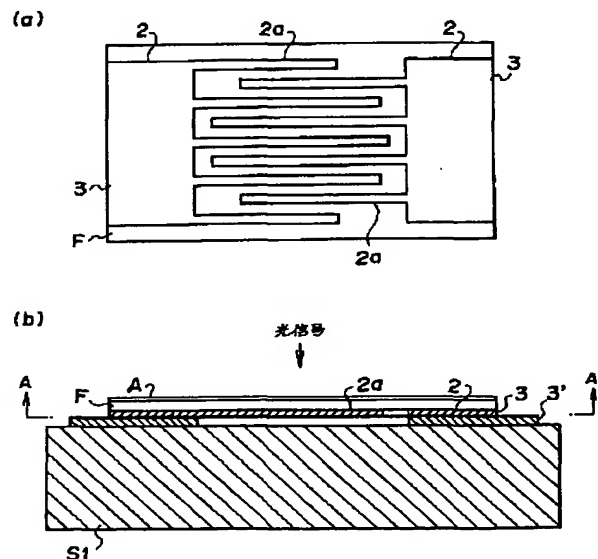
(74)代理人 弁理士 谷 義一 (外1名)

(54)【発明の名称】 半導体受光素子およびその製造方法

(57)【要約】

【目的】 電極による光照射面の遮蔽や電極の光照射部分の電極抵抗増加を原因とした光電気信号の変換効率の劣化が防止された、簡単な製造技術と簡単な実装技術のもとで構成可能な半導体受光素子を提供する。

【構成】 第1の基板上に特定の溶液に対して極めて高速なエッチングレートをも有するリフトオフ用のエッチング層をエピタキシャル成長させ、その上にデバイス搭載用の半導体薄膜をエピタキシャル成長させ、該半導体薄膜の表面に電極を形成してショットキー接合を形成させ、その後前記特定の溶液により前記エッチング層をエッチングし、前記ショットキー接合を有する半導体薄膜を前記第1の基板から剥離し、該半導体薄膜を、予め他のデバイスが搭載された第2の基板上に、前記電極が該第2の基板と接触するように、接着する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に接合形成用の対抗形対電極とこの対電極に連続する取り出し電極が設置され、前記対抗形対電極に接触するように結晶あるいは多結晶よりなる半導体薄膜が形成され、これにより前記対抗形対電極と前記半導体薄膜との間にショットキー接合が形成されてなり、前記半導体薄膜の対抗形対電極と接していない裏面方向より光信号を受光させ、それに伴う電流を出力信号として前記取り出し電極から得ることを特徴とする半導体受光素子。

【請求項2】 前記取り出し電極が、前記半導体薄膜上の一つの面上に形成されている前記対抗形対電極と一体の第1の取り出し電極と、前記基板上に形成されている少なくとも一対の第2の取り出し電極とからなり、前記半導体薄膜上の第1の取り出し電極と前記基板上の第2の取り出し電極とが互いに接触するように前記半導体薄膜と前記基板とが接着されており、前記半導体薄膜の裏面が受光面とされることを特徴とする請求項1に記載の半導体受光素子。

【請求項3】 前記対抗電極と基板との間に空隙が設けられていることを特徴とする請求項2に記載の半導体受光素子。

【請求項4】 前記対抗形対電極と取り出し電極とが基板上に設置され、その上に前記半導体薄膜が積層されていることを特徴とする半導体受光素子。

【請求項5】 第1の基板上に特定の溶液に対して極めて高速なエッチングレートをも有するリフトオフ用のエッチング層をエピタキシャル成長させ、その上にデバイス搭載用の半導体薄膜をエピタキシャル成長させ、該半導体薄膜の表面に電極を形成してショットキー接合を形成させ、その後前記特定の溶液により前記エッチング層をエッチングし、前記ショットキー接合を有する半導体薄膜を前記第1の基板から剥離し、該半導体薄膜を、予め他のデバイスが搭載された第2の基板上に、前記電極が該第2の基板と接触するように、接着することを特徴とする半導体受光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光電送システムや情報処理装置における光配線、光信号処理回路などに用いる半導体受光素子およびその製造方法に関するものである。該素子は、具体的には、特に金属-半導体-金属ショットキーフォトダイオード(MSMPD: Metal-Semiconductor-Metal Photodiode)あるいはゲート部にショットキー接合を有するフォトトランジスタを対象とする。

【0002】

【従来の技術】従来のMSM PDは、図1(a)、(b)に示すように、GaAsやSiなどの半導体基板1の表面上に対になった金属電極2、2を配置し、金属

2

- 半導体接触によるショットキー接合を形成した構造を持つ。前記電極2は複数のフィンガー状の突起(フィンガー状部分; 対抗対電極)2a、2aを有し、各電極2、2はそれらのフィンガー状部分2aを対抗させるとともに、交互に配置している。以下、このフィンガー状部分を有し、それらを対抗させるとともに、交互に配列した構造の対電極を、インターデジタル(interdigital)形の電極と表現する。

【0003】前記ショットキー接合にバイアスをかけた状態で、接合部およびその近傍の半導体に、半導体のバンドギャップで決まる波長以下の波長を持つ光を照射すると、半導体中に電子が励起される。この励起された電子によって生ずる電流を検出することにより、図1に示したMSM PDは、受光素子としての基本動作を行なう。

【0004】このMSM PDは、他の受光素子であるpin接合形フォトダイオード(pin PD: pin Photodiode)やアバランシェフォトダイオード(APD: Avalanche Photodiode)に比べて構造が簡単であり、また超高速動作も可能であるという特徴がある。しかしながら、図1から分かる通り、光信号は、基板1の上部から、対になった電極2、2間に照射されるため、フィンガー状部分2aのない半導体が露出している部分に、光が照射され、電子が励起され、電流として検出されることになる。しかし、フィンガー状部分2aの光信号は、電極金属に遮られるため、半導体には達せず、この部分では、電子の励起もなく、出力電流には寄与しないことになる。この結果、この素子における光電気の変換効率が落ちることになる。効率を上げるには、電極2のフィンガー状部分2aを細くすればよいことになるが、そうすると、電界がかかり難くなるほか、フィンガー状部分2aの抵抗が大きくなるため、せっかく光から変換した電気エネルギーが熱エネルギーに変わってしまい、結果的に変換効率の低下となって表れることになる。

【0005】これを避けるために、基板裏面から光信号を照射する方法もとられている。しかし、光信号がショットキー接合特性に影響を及ぼすためには、電界強度の大きな電極近傍の半導体を照射する必要がある。したがって、基板1が厚い場合、照射表面近傍で光が減衰し、裏面の電極2付近にとどかない。このため、基板の裏面に表面上の電極直下の部分までエッチングにより穴を掘り、そこに光が当たるように基板を加工する方法がとられている。しかし、この方法ではプロセスが複雑になる上に、チップの片面には電気信号、裏面には光信号をアクセスすることになり、実装面からも複雑になり、生産性が悪く、コスト高を招くという大きな問題点があった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、電極による光照射面の遮蔽や電極のフィンガー状部分の電極抵抗増

加を原因とした光電気信号の変換効率の劣化が防止された、簡単な製造技術と簡単な実装技術のもとで構成可能なMSM PDを実現するものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体受光素子は、基板上に接合形成用の対抗形対電極とこの対電極に連続する取り出し電極が設置され、前記対抗形対電極に接触するように結晶あるいは多結晶よりなる半導体薄膜が形成され、これにより前記対抗形対電極と前記半導体薄膜との間にショットキー接合が形成されてなり、前記半導体薄膜の対抗形対電極と接していない裏面方向より光信号を受光させ、それに伴う電流を出力信号として前記取り出し電極から得ることを特徴とする。

【0008】ここで、前記取り出し電極を、前記半導体薄膜上の一つの面上に形成されている前記対抗形対電極と一体の第1の取り出し電極と、前記基板上に形成されている少なくとも一対の第2の取り出し電極とから構成し、前記半導体薄膜上の第1の取り出し電極と前記基板上の第2の取り出し電極とが互いに接触するように前記半導体薄膜と前記基板とを接着し、前記半導体薄膜の裏面を受光面とする構成としてもよい。

【0009】また、前記対抗電極と基板との間に空隙を設けてもよい。

【0010】さらに、前記対抗形対電極と取り出し電極とを基板上に設置し、その上に前記半導体薄膜を積層する構成でもよい。

【0011】また、前記半導体受光素子の製造方法は、第1の基板上に特定の溶液に対して極めて高速なエッチングレートをも有するリフトオフ用のエッチング層をエピタキシャル成長させ、その上にデバイス搭載用の半導体薄膜をエピタキシャル成長させ、該半導体薄膜の表面に電極を形成してショットキー接合を形成させ、その後前記特定の溶液により前記エッチング層をエッチングし、前記ショットキー接合を有する半導体薄膜を前記第1の基板から剥離し、該半導体薄膜を、予め他のデバイスが搭載された第2の基板上に、前記電極が該第2の基板と接触するように、接着することを特徴とする。

【0012】前記半導体受光素子の製造方法は、より具体的に説明すると、MSM PDをいわゆるエピタキシャルリフトオフ技術を用いて構成する方法である。すなわち、例えば、GaAs基板上にAlAsからなるリフトオフ用のエッチング層をエピタキシャル成長させ、その上にPD用のデバイス搭載層をエピタキシャル成長させ、さらに、そのデバイス搭載層表面にショットキー接合を形成する。デバイス構成後にフッ酸により前記AlAs層をエッチングし、デバイス層をフィルムとして剥離する。次に、予め増幅器や再生識別回路などの他のデバイスが搭載された基板上に、前記フィルムを、MSMの電極部が基板と接触し、従って剥離した面が表面にできるように、接着する。この際の配置は、MSM PDの

取り出し電極と基板上の電極が互いに接触するようにするか、MSM PD電極のフィンガー状部分が基板とは直接接しないようにするか、あるいは基板上に積層した誘電率の小さな材料よりなる薄膜と接触するようにする。このような構造によれば、信号光をリフトオフ時のエッチング表面の部分から照射することを可能とする。すなわち、電極により遮られない従来例から考えると裏面方向からの照射を可能とする。

【0013】

【作用】上記構成とすることから、本発明装置においては、信号光を基板表面入射としても、リフトオフ時のエッチング表面の部分から、すなわち電極により遮られない方向から照射することになる。しかも、フィルムの膜厚を数1000Åから数μm以上に選ぶことが可能であることから、電極のフィンガー状部分近傍の電界強度が比較的大きな領域を光の入射点として選ぶことができる。したがって、従来例のようにエッチングにより基板を薄層化する必要がない。また、デバイス特性から見ると、光の遮蔽の問題がなく、また、電極のフィンガー状部分の幅を細くする必要がなく、電極抵抗による損失もないため、大きな変換効率を持たせることが可能である。さらに、電極のフィンガー状部分の下部には低誘電率の膜または空気が配置されること、および半導体の膜厚が小さいことから、電界は光との相互作用領域に集中することになる。その結果、余分な静電容量による高周波特性の劣化が少ないという特徴も生じる。

【0014】本発明では、従来と比べると、薄膜のエピタキシャル成長およびリフトオフプロセスの工程を余分に有することが異なるが、最初に薄膜が搭載されていた基板は反復使用可能であり、薄膜成長も量産技術であり、フィルムのリフトオフと搭載基板への張り付け工程は新たな方法により量産することが可能であり、技術的あるいは価格的な問題点になるものではない。本発明では、製造が連続した工程ではなく、むしろ別々の工程から実現されることから、フィルム上および搭載基板上のデバイスの検査後に、良品同士を組み合わせることができ、そのため、製品の歩留りを大幅に向上させることが可能である。また、本発明では、搭載フィルム上の素子は、MSMPD単体ばかりではなく、GaAsなどの化合物半導体回路を搭載した状態でも良く、適用域の自由度が極めて大きな技術である、という特徴も有している。

【0015】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。

【0016】（実施例1）図2（a）、（b）は、本発明の第1の実施例を示すものである。図中、S1はデバイスの搭載される基板、2、2'は、インターデジタル形の電極であり、2aは、それらのフィンガー状部分である。3および3'は電極の第1および第2の取り出し

部、Aは反射防止膜、Fはエピタキシャルリフトオフした半導体フィルムである。

【0017】図2の(a)は、図(b)のA-A線に沿う上面図を示し、(b)は素子のは側面図を示す。この実施例では薄い半導体フィルムF上にインターデジタル形の電極2、2を配し、その電極2、2が存在する面とデバイスを保持する基板S1が向き合うように、かつ基板S1上に形成した第2の取り出し電極3'とインターデジタル電極2の(第1の)取り出し部3とが接触するように、張り合わせた構造を持つ。前記フィルムFの張り合わせ面と逆の面(図(b)では上面)には、反射防止面が配置されており、素子上面よりの光信号を受信するように無反射でフィルム内に取り込むようになってい

る。前記フィルムFによりインターデジタル電極2のフィンガー部2aは空隙を介して基板1と向き合う構造となっている。

【0018】フィルムFの半導体の材質は、この実施例ではGaAsのような化合物半導体よりなり、その膜厚は、インターデジタル電極2のライン/スペースなどの寸法オーダとする。電極2の材料は、原理的には上記半導体1と良好なショットキーダイオード特性を有するものであれば、どのような材料でもよい。基板S1の材料は、Siのような半導体でもよいし、前記フィルムFと同様の化合物半導体でもよいし、また、圧電体/磁性体/ガラス/誘電体などいかなる材料でもよい。

【0019】このような構造を持つMSM PDの基本動作は、従来例で述べたように、インターデジタル形の電極2の両端子にバイアスを印加した状態で、基板1表面から光信号が入射すると(ただし、光の波長は半導体のバンドギャップから決まる吸収端波長よりも短波長で、エネルギーの大きなものとする)、入射した光信号に伴って電子が励起される。励起された電子は、バイアス電界により加速され、半導体中を流れ、接合部をトンネルしたり、あるいはバリアを越えてインターデジタル電極2に電流として取り出される。光強度に応じて励起される電子の数が増加し、電流が増加することから、光信号を電気信号に変換する動作を行うことになる。

【0020】この構造ではフィンガー状部部分2aの下部には、空気が配置されており、また半導体フィルムFは膜厚が小さい。さらに、基板材料として比誘電率の小さなものを選択できる。これらのことから、印加した電界は、光との相互作用領域に集中することになり、余分な静電容量が小さくなる。これは、この素子の高周波特性の優れていることを示すものである。

【0021】(実施例2)ここで、図3(a)~(h)に、前記実施例1に示した構成の素子の製造プロセスの一例を示す。

【0022】図3は、図2の本発明の実施例の製作プロセスの手順の一例と、各ステップでのデバイスの断面図を模式的に表したものである。このプロセスは基本的に

はエピタキシャルリフトオフとして知られている技術を応用したものである。この技術は、完全な結晶上に個別的に理想に近いデバイスを構築し、この積層体を基板に張り合わせることににより、モノリシックなデバイスを実現することを狙いとしている。この技術では、AlAsのフッ酸に対するエッチングレートが、GaAsなどの他の材料に比べて10の7乗程度と、極めて大きいことを利用して、結晶を成長する段階で下層に薄い(10nmから50nm程度)AlAsを挿入し、その上にデバイスを実現するための層を成長させる。デバイスの形成後(あるいは、形成の途中段階または形成前の段階でもよい)、フッ酸によるウェットエッチングによりAlAsを溶出し、このAlAs層より上の層を取り上げる(リフトオフする)。このリフトオフ作業は、リフトオフ時に出る気泡のために膜が損傷するのを避けるため、反応が激しく起こらないようなエッチング条件を選び、かつリフトオフ前に剥離膜の表面にアビエゾンワックスを塗布し、それによるストレスを利用し、出てきた気泡が逃げ出すようにする技術が開発されてから、本格的に使えるようになった。リフトオフされる膜の厚みは、デバイスの構造やバッファ層の有無などにより異なるが、通常、数100nmから数μm程度であり、寸法は1~2cm程度の大きさまで可能である。基板上への膜の張り付けは、接着剤を使う方法もあるが、基板の汚染防止、平坦度確保などの点から、接着剤を使う方法は、好ましくなく、ファンデルワールス力による接着が最も適した方法である。従来デバイスが搭載されたチップをエッチングにより薄層化する要求は、パワーデバイスなどにおいて存在し、このためにメカニカルな研磨により基板を削る方法がとられているが、この技術では、薄層化に限界がある(100μmオーダー)。基板全体をエッチングにより溶かしさる方法もあるが、プロセスが複雑であり、実用的な方法とは言えない。一方、このリフトオフ法は、リフトオフという簡単な技術をベースとした方法であるにも拘らず、リフトオフされることによって、デバイスには、ほとんど損傷がなく、エピタキシャル成長により製作した膜のような欠陥の問題もなく、さらに膜厚が極めて小さいことから、張り付けた後からの集積回路プロセスが可能である、という特徴もある。

【0023】図中、S0はリフトオフされるフィルムFが作製される化合物半導体基板、LFはリフトオフする際のエッチングレーヤ、Wはストレス付与膜、CF1、CF2はフィルムを移動させるためのキャリヤシートである。

【0024】図に示す通り、まず化合物半導体基板S0にリフトオフ時のエッチングレーヤLFとしてAlAsをエピタキシャル成長させる。このエッチングレーヤLF上にデバイスレーヤとして半導体フィルム基板Fをエピタキシャル成長させる。そして、この基板F上にインターデジタル形の電極2を形成して、MSM PDを構

成する(ステップ(a))、次に、リフトオフ時のLFのエッチングとともに発生する気泡によって、フィルムFの破壊が起こらないように、ストレス付与膜(ワックス膜)Wをつける。このワックス膜Wは、エッチングが進行するとともにフィルムFにストレスがかかり、フィルムFが反る結果、気泡を外部に放出する役割を果たすものである(ステップ(b))。その後、弾性を有し、かつエッチングや気泡が上下に自由に動くことができるような穴のあいたキャリアシートCF1を接着する。このキャリアシートCF1は、例えば、ポリイミドのような高分子のフィルムに小さな穴を開けた構造を持つ。したがって、シートには弾性があり、それに張り付けたものに歪み加わっても吸収できるものである。穴の寸法やフィルムの膜厚は特に規定するものではないが、寸法は剥離するフィルムを支える必要のあることからフィルムの寸法に対して数分の一以下である必要があり、また膜厚は、機械的にフィルムの状態で扱うことができる寸法であれば、いくら薄くてもよい。高分子フィルムの場合、数 μm 程度の寸法のものまで可能となろう(ステップ(c))。この状態の積層品を薄いフッ酸水溶液からなるエッチング液に浸し、AlAs(LF)を溶かし去ると、半導体フィルムFはキャリアシートCF1に接着した状態でリフトオフされる(ステップ(d))。この状態で、もう一方のキャリアCF2を半導体フィルムFのリフトオフされた表面側に張り付ける(ステップ(e))。この状態で有機溶剤に浸すと、ストレス付与膜Wが溶解し、キャリアシートCF1が外れるとともに、半導体フィルムFの表面の清浄化が行なえる(ステップ(f))。次に、デバイスを構成するS1基板上の所定位置にインターデジタル形電極2用の取り出し電極3'を形成し、電極2の取り出し電極3と接続取り出し電極3'とを位置が重なるようにアライメントし、接着する(ステップ(g)、(h))。接着法としては、ファンデルワールス力による吸着を利用する、取り出し電極3、3'の金属同士あるいは低融点金属を間に挟んで融着する、あるいは導電性接着剤により接着するなど各種の方法が可能である。最後に光信号の入射する領域に反射防止膜Aをつけてデバイスはできあがる。

【0025】(実施例3)本発明の基本的な考え方を変えずに種々の変形変更が可能であり、本実施例は、その一つである。図4は(a)、(b)に示すように、この実施例ではインターデジタル電極2を半導体フィルムF上に構成するのではなく、予め基板S1上に配置しておいて、その上から半導体フィルムFをかぶせて圧接したものである。半導体フィルムFには何等の電極もつけない状態でも、半導体フィルムF側にも電極をつけた状態でもよい。このような構造でも、電極とフィルムの接続が完全になるように配慮すると、図2と同様のデバイスが実現できることは明らかである。

【0026】(実施例4)図5は、本発明の第3の実施

例である。本実施例では、基板S1表面に誘電率の小さい絶縁膜Iを配置し、その上にインターデジタル電極2、半導体フィルムFおよび反射防止膜Aからなるフィルム状のフォトダイオード(PD)を配したものである。この場合、電極容量の低減が可能となり、高速動作が可能となる。動作原理および得られる特性は、図2に示したデバイスの特性と一致するので、説明は省略する。

【0027】(実施例5)図6に示す第4の実施例では、図5に示した実施例3のPDの受光部分の直下にミラーMを配したことを特徴とする。ミラーMは、金属あるいは半導体超格子など光信号を効率良く反射させる材料であれば、どのようなものでもよい。この例では、半導体フィルムFで吸収されなかった光がインターデジタル電極2のフィンガー状部分のスペース部から基板S1方向にもれ出したものを反射させて、再度、半導体フィルムFに戻すことにより、さらに変換効率を上げた例である。

(実施例6)図7は、本発明の第5の実施例である。この実施例では、インターデジタル電極2の受光部分のみに半導体フィルムFを配したもので、この場合、静電容量が軽減できるというメリットが生じる。

【0028】なお、前記各実施例では、半導体フィルムの作製は、エピタキシャルリフトオフ法により行なったが、同様の構造を持つものであれば、どのようなものでも差し支えない、例えば、異質半導体上に薄膜を成長させ、その上にデバイスを作製し、基板そのものを溶かし去るような方法でもよい。また、多晶質の半導体では、エピタキシャル成長の要求がないので、レジストなどの有機物、ガラスなどのアモルファス上に多晶質膜を形成し、デバイス構成とともに剥離する方法でもよい。

【0029】また、電極構造は、全てインターデジタル形として説明を加えたが、その必要のないことは明らかであり、対抗形の電極ならどのような構造の物でもよい。

【0030】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、電極により光信号が遮蔽されることなく、かつ電極抵抗の増加がなく、従って変換効率の大きい、しかも小さな静電容量のもとで、高周波特性の優れたMSM PDを簡単なプロセスのもとに実現できる。また、本発明を用いると、異質の基板上に、あるいは他の電子回路や光回路が構成されている別基板上にモノリシックな形で実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】MSM PDの従来例を示すもので、(a)は平面構成図であり、(b)は側断面図である。

【図2】本発明の第1の実施例を示すもので、(a)は(b)のA-A線に沿う平面構成図であり、(b)は本発明デバイスの側断面図である。

【図3】本発明の第2の実施例を示すもので、(a)～(h)は、本発明デバイスの各製造工程を説明するデバイスの側断面図である。

【図4】本発明の第3の実施例を示すもので、(a)は本発明デバイスの一部剥離状態で示した平面構成図であり、(b)は同デバイスの側断面図である。

【図5】本発明の第4の実施例を示すもので、本発明デバイスの側断面図である。

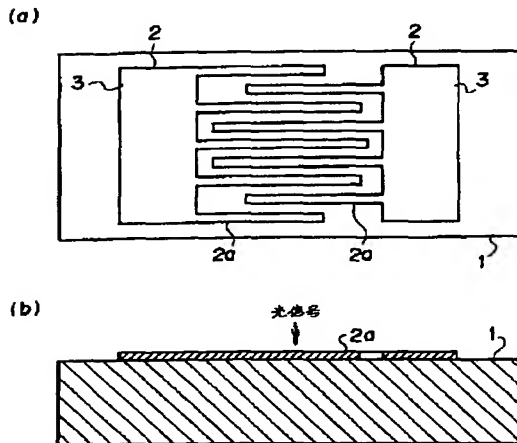
【図6】本発明の第5の実施例を示すもので、本発明デバイスの側断面図である。

【図7】本発明の第6の実施例を示すもので、(a)は本発明デバイスの平面構成図であり、(b)は側断面図である。

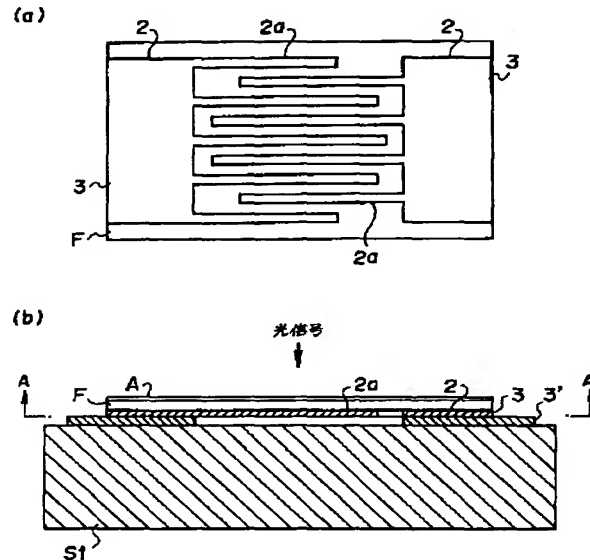
【符号の説明】

- S1 デバイスの搭載される基板
- 2 MSM PDの対抗電極（インターデジタル電極）
- 2a 対抗電極のフィンガー状部分
- 3, 3' 電極の取り出し部
- A 反射防止膜
- F エピタキシャルリフトオフした半導体フィルム
- S0 リフトオフされるフィルムFが作製される化合物半導体基板
- LF リフトオフする際のエッチングレーヤ
- 10 W ストレス付与膜
- CF1, CF2 フィルムを移動させるためのキャリアシート
- I 低比誘電率な絶縁膜
- M ミラー

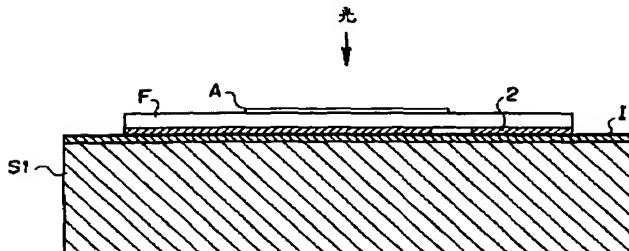
【図1】



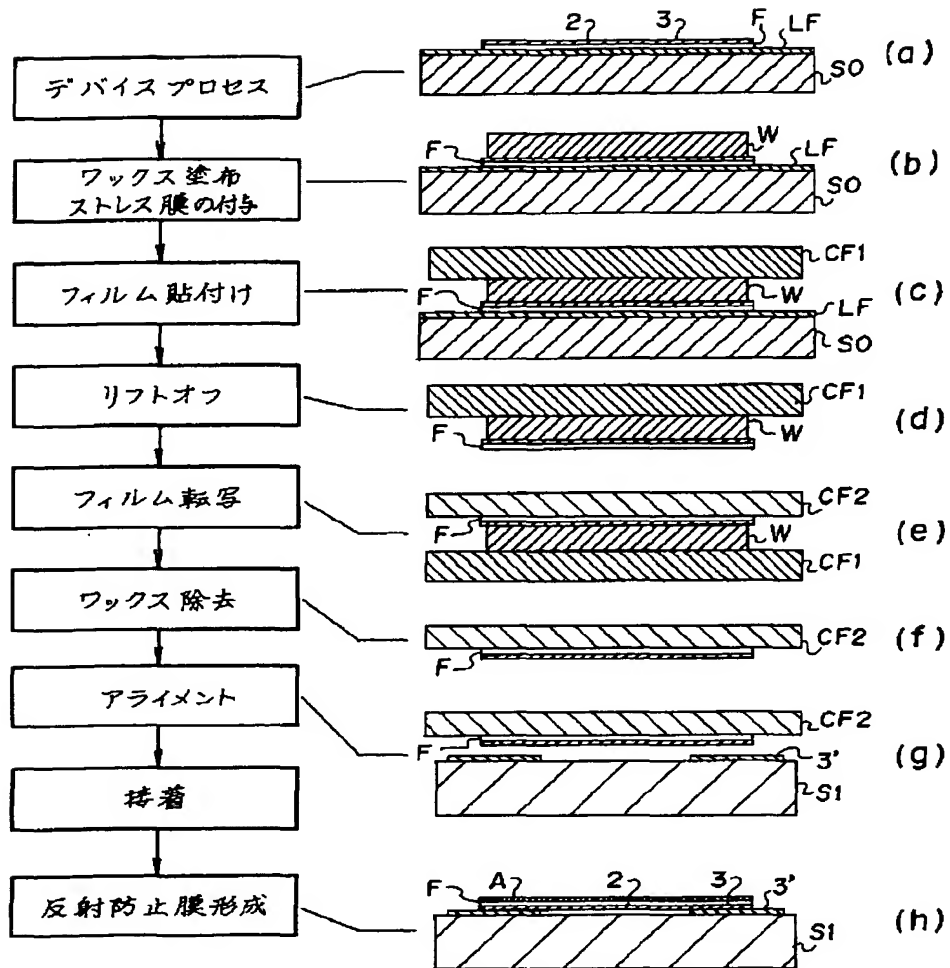
【図2】



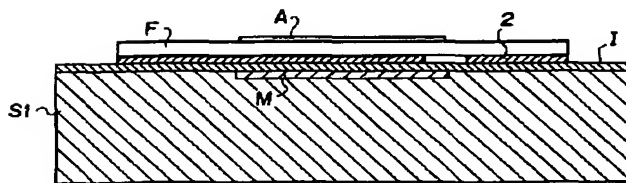
【図5】



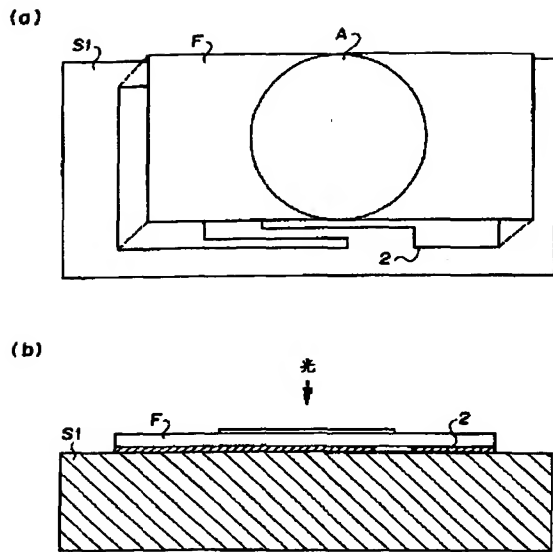
【図3】



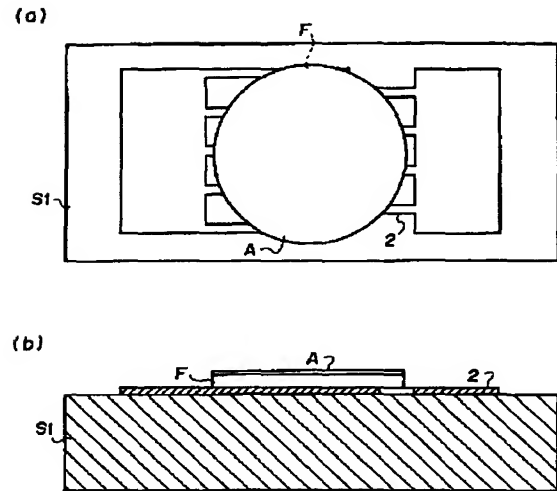
【図6】



【図4】



【図7】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-151946

(43)Date of publication of application : 31.05.1994

(51)Int.Cl.

H01L 31/108

(21)Application number : 04-302246

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

(22)Date of filing : 12.11.1992

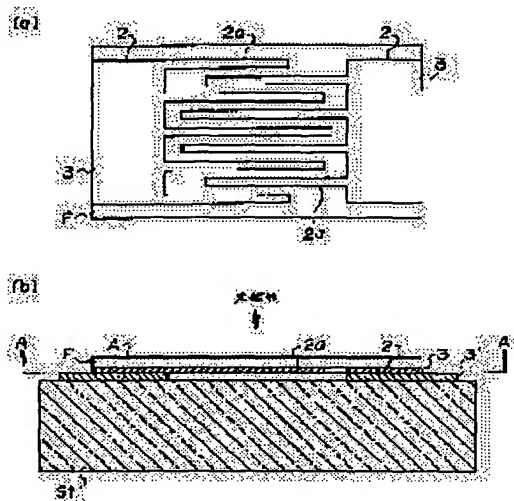
(72)Inventor : TAKARAGAWA KOJI
UEMATSU YOSHIHIKO

(54) SEMICONDUCTOR PHOTODETECTING ELEMENT AND MANUFACTURE THEREOF

(57)Abstract:

PURPOSE: To prevent deterioration of the conversion efficiency of photoelectric signal by providing a take-out electrode continuously extending to interdigital electrodes for forming a junction on a substrate and by so forming a semiconductor thin film consisting of crystal or polycrystal that it abuts on the interdigital electrodes.

CONSTITUTION: Interdigital electrodes 2, 2 are arranged on a thin semiconductor film F. A join structure is formed in which the surface where the electrodes 2, 2 exist faces a substrate S1 which supports a device and also a second take-out electrode 3' formed on the substrate S1 abuts on a take-out part 3 of the interdigital electrodes 2. On the opposite side to the join surface, an antireflection surface is placed and the optical signals from element surface is taken in a film F without reflection and received. Also, the film F makes a structure that a finger part 2a of the interdigital electrodes 2 faces the substrate through a gap. Accordingly, the conversion efficiency of optical signals becomes large.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-151946

(43)Date of publication of application : 31.05.1994

)Int.Cl.

H01L 31/108

)Application number : 04-302246

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

)Date of filing : 12.11.1992

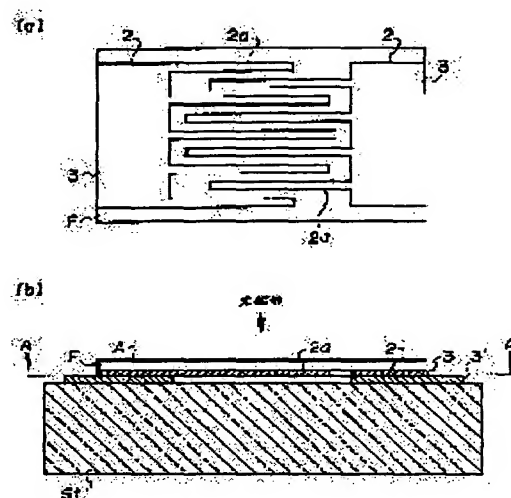
(72)Inventor : TAKARAGAWA KOJI
UEMATSU YOSHIHIKO

SEMICONDUCTOR PHOTODETECTING ELEMENT AND MANUFACTURE THEREOF

Abstract:

PROPOSE: To prevent deterioration of the conversion efficiency of photoelectric signal by providing a take-out electrode continuously extending to interdigital electrodes for forming a junction on a substrate and by so forming a semiconductor thin film consisting of crystal or polycrystal that it abuts on the interdigital electrodes.

INSTITUTION: Interdigital electrodes 2, 2 are arranged on a thin semiconductor film F. A join structure is formed in which the surface where the electrodes 2, 2 exist faces a substrate S1 which supports a device and also a second take-out electrode 3' formed on the substrate abuts on a take-out part 3 of the interdigital electrodes 2. On the opposite side to the join surface, an antireflection surface is placed and optical signals from element surface is taken in a film F without reflection and received. Also, the film F makes a structure that a finger part 2a of the interdigital electrodes 2 faces the substrate through a gap. Accordingly, the conversion efficiency of optical signals becomes large.



GAL STATUS

ate of request for examination]

ate of sending the examiner's decision of rejection]

ind of final disposal of application other than the
aminer's decision of rejection or application converted
gistration]

ate of final disposal for application]

atent number]

ate of registration]

umber of appeal against examiner's decision of
jection]

ate of requesting appeal against examiner's decision
rejection]

ate of extinction of right]

NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

**** shows the word which can not be translated.

In the drawings, any words are not translated.

 CLAIMS

Claim(s)]

Claim 1] The ejection electrode which follows the opposed type counter-electrode and this counter-electrode for reaction formation is installed on a substrate. The semiconductor thin film which consists of a crystal or a polycrystal that the aforementioned opposed type counter-electrode may be contacted is formed. It comes to form the Schottky barrier between the aforementioned opposed type counter-electrode and the aforementioned semiconductor thin film by this. The semiconductor photo detector characterized by making a lightwave signal receive and obtaining from the aforementioned ejection electrode by making the current accompanying it into an output signal from the direction of a rear face which is not in contact with the opposed type counter-electrode of the aforementioned semiconductor thin film.

Claim 2] The semiconductor photo detector according to claim 1 which it had the following, the aforementioned semiconductor thin film and the aforementioned substrate have pasted up so that the 1st ejection electrode on the aforementioned semiconductor thin film and the 2nd ejection electrode on the aforementioned substrate may contact mutually, and is characterized by making the rear face of the aforementioned semiconductor thin film into a light-receiving side. The aforementioned opposed type counter-electrode and the 1st ejection electrode of one by which the aforementioned ejection electrode is formed on one field on the aforementioned semiconductor thin film. it is formed on the aforementioned substrate -- at least -- the 2nd ejection electrode of a couple

Claim 3] The semiconductor photo detector according to claim 2 characterized by preparing the opening between the aforementioned confrontation electrode and a substrate.

Claim 4] The semiconductor photo detector characterized by taking out with the aforementioned opposed type counter-electrode, installing an electrode on a substrate, and carrying out the laminating of the aforementioned semiconductor thin film on it.

Claim 5] The etching layer for lift offs which has a very high-speed etching rate to a specific solution on the 1st substrate is grown epitaxially. Grow the semiconductor thin film for device loading epitaxially on it, form an electrode on the front face of this semiconductor thin film, and the Schottky barrier is made to form. ***** the aforementioned etching layer with the aforementioned specific solution after that, and the semiconductor thin film which has the aforementioned Schottky barrier is exfoliated from the 1st substrate of the above. The manufacture method of the semiconductor photo detector characterized by pasting up this semiconductor thin film on the 2nd substrate beforehand carried in other devices so that the aforementioned electrode may contact this 2nd substrate.

translation done.]

NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

*** shows the word which can not be translated.

In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[001]

[Industrial Application] this invention relates to the semiconductor photo detector used for the optical wiring in an optical electrical transmission system or an information processor, an optical-signal-processing circuit, etc., and its manufacture method. This element is especially specifically aimed at the photo transistor which has the Schottky barrier in a metal-semiconductor-metal Schottky photodiode (MSMPD: Metal-Semiconductor-Metal Photodiode) or the like section.

[002]

[Description of the Prior Art] The conventional MSM PD arranges the metal electrodes 2 and 2 which became a pair on the front face of the semiconductor substrates 1, such as GaAs and Si, as shown in drawing 1 (a) and (b), and is a metal-Semiconductor-Metal (MSM) type. It has the structure in which the Schottky barrier by semiconductor contact was formed. The aforementioned electrode 2 had the salients (finger-like partial; confrontation counter-electrode) 2a and 2a of the shape of two or more finger-like partials, and it arranges each electrodes 2 and 2 by turns while opposing those finger-like partial 2a. While having this finger-like portion and opposing them hereafter, the counter-electrode of the structure arranged by turns is expressed as an interdigital electrode of interchange digital (interdigital) type.

[003] If the light which has the wavelength below the wavelength decided by the band gap of a semiconductor in the semiconductor of a joint and its near where bias is applied to the aforementioned Schottky barrier is irradiated, an electron will be excited in a semiconductor. MSM shown in drawing 1 by detecting the current produced by this excited electron PD performs basic operation as a photo detector.

[004] This MSM PD has simply [structure] the feature that ultra high-speed operation is also possible, compared with the pin junction form photodiode (pin PD: pin Photodiode) and avalanche photodiode (APD: Avalanche Photodiode) which are other photo detectors. However, since it irradiates from the upper part of a substrate 1 between electrode 2 which became a pair, and 2, light will be irradiated by the portion which the semiconductor without finger-like partial 2a has exposed, an electron will be excited, and a lightwave signal will be detected as current, as drawing 1 shows. However, since it is interrupted by the electrode metal, the lightwave signal of finger-like partial 2a is not given to a semiconductor, in this portion, does not have electronic excitation, either and will not contribute to the output current. Consequently, the conversion efficiency of the photoelectricity in this element will fall. Since electric field will stop being able to start easily and also resistance of finger-like partial 2a will become large if it does so though what is necessary will be just to make thin finger-like partial 2a of an electrode 2 in order to gather efficiency, changes to heat energy, and the electrical energy changed from light with much trouble serves as decline in a conversion efficiency as a result, and will appear.

[005] In order to avoid this, the method of irradiating a lightwave signal from a substrate rear face is also taken. However, in order for a lightwave signal to affect a Schottky barrier property, it is necessary to irradiate the semiconductor near [big] the electrode of field strength. Therefore, when a substrate 1 is thick, light declines near the radiation front face and it does not arrive near [electrode 2] on the back. For this reason, a hole is dug in the rear face of a substrate by etching to the portion directly under an electrode on a front face, and the method of processing a substrate so that light may hit there is taken. However, by this method, the process turned complicated up, the electrical signal would be accessed at one side of a chip, a lightwave signal will be accessed in a rear face, it became complicated so from a component side, and there was a big trouble that productivity was bad and caused cost quantity.

[006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] this invention is MSM which can be constituted under the easy manufacturing technology and the easy mounting technology with which degradation of the conversion efficiency of a photoelectricity signal which considered the cover of an optical irradiation side and the increase in electrode

distance of the finger-like portion of an electrode by the electrode as the cause was prevented. PD is realized.

007]

Means for Solving the Problem] The ejection electrode by which the semiconductor photo detector of this invention allows the opposed type counter-electrode and this counter-electrode for junction formation on a substrate is installed. The semiconductor thin film which consists of a crystal or a polycrystal so that the aforementioned opposed type counter-electrode may be contacted is formed. It is characterized by making a lightwave signal receive and obtaining from the aforementioned ejection electrode by making the current accompanying it into an output signal from the section of a rear face which it comes to form the Schottky barrier between the aforementioned opposed type counter-electrode and the aforementioned semiconductor thin film by this, and is not in contact with the opposed type counter-electrode of the aforementioned semiconductor thin film.

008] The aforementioned opposed type counter-electrode and the 1st ejection electrode of one which are formed on the field on the aforementioned semiconductor thin film in the aforementioned ejection electrode here, It constitutes from the 2nd ejection electrode of a couple at least. it is formed on the aforementioned substrate -- It is good also as composition which pastes up the aforementioned semiconductor thin film and the aforementioned substrate so that the 1st ejection electrode on the aforementioned semiconductor thin film and the 2nd ejection electrode on the aforementioned substrate may contact mutually, and makes the rear face of the aforementioned semiconductor thin film a light-receiving side.

009] Moreover, you may prepare an opening between the aforementioned confrontation electrode and a substrate.

010] Furthermore, the composition which takes out with the aforementioned opposed type counter-electrode, installs the electrode on a substrate, and carries out the laminating of the aforementioned semiconductor thin film on it may be used.

011] Moreover, the manufacture method of the aforementioned semiconductor photo detector grows epitaxially the etching layer for lift offs which has a very high-speed etching rate to a specific solution on the 1st substrate. Grow the semiconductor thin film for device loading epitaxially on it, form an electrode in the front face of this semiconductor thin film, and the Schottky barrier is made to form. ***** the aforementioned etching layer with the aforementioned specific solution after that, and the semiconductor thin film which has the aforementioned Schottky barrier is exfoliated from the 1st substrate of the above. It is characterized by pasting up so that the aforementioned electrode may contact this 2nd substrate on the 2nd substrate by which this semiconductor thin film was beforehand carried in other devices.

012] The manufacture method of the aforementioned semiconductor photo detector is MSM when it explains more concretely. It is the method of constituting PD using the so-called epitaxial lift-off technology. That is, for example, the etching layer for lift offs which consists of AlAs on a GaAs substrate is grown epitaxially, on it, the device loading layer for PD is grown epitaxially and the Schottky barrier is further formed on the device loading layer front face. The aforementioned AlAs layer is *****ed by fluoric acid after device composition, and it exfoliates considering a device layer as a film. Next, on the substrate in which other devices, such as amplifier and a reproduction discrimination decision circuit, were carried beforehand, it pastes up so that the field which the electrode section of MSM contacted the substrate, therefore exfoliated may come out of the aforementioned film to a front face. The arrangement in this case is MSM. It is made for the ejection electrode of PD and the electrode on a substrate to contact mutually, or is MSM. It is made for the finger-like portion of PD electrode to contact the thin film which consists of a small material of the dielectric constant which it is made for a substrate not to contact directly or carried out the laminating on the substrate. It makes it possible to irradiate such structure ***** and signal light from the portion on the front face of etching at the time of a lift off. That is, if it thinks from the conventional example which is not interrupted by the electrode, irradiation from a rear face will be enabled.

013]

[Function] Since it considers as the above-mentioned structure, in this invention equipment, signal light will be radiated from the direction which is not interrupted by the portion on the front face of etching at the time of a lift off the electrode as substrate surface incidence. And since it is possible to choose the thickness of a film as several micrometers or more from several 1000Å, the field strength near the finger-like portion of an electrode can choose a comparatively big field as a probe index of light. Therefore, it is not necessary to thin-layer-ize a substrate by etching like the conventional example. Moreover, since there is no problem of cover of light, and it is not necessary to make in width of face of the finger-like portion of an electrode and there is also no loss by electrode resistance when it sees from a device property, it is possible to give a big conversion efficiency. Furthermore, since the film or air of a low electric constant being arranged at the lower part of the finger-like portion of an electrode and the thickness of a semiconductor are small, electric field will be concentrated on an interaction field with light. Consequently, the feature at little degradation of the RF property by excessive electrostatic capacity is also produced.

014] Although having epitaxial growth of a thin film and the process of a lift-off process too much compared with a former differ in this invention, periodic duty is possible for the substrate in which the thin film was carried first, and thin film growth is also mass production technology, and the attachment process to the lift off and loading substrate of a film can be mass-produced by the new method, and does not become a technical or price-trouble. Since it realizes rather in this invention not from the process which manufacture followed but from a separate process, it is possible to be able to combine excellent articles, therefore to raise the yield of a product sharply after inspection of the vice on a film and a loading substrate. Moreover, in this invention, the element on a loading film has not only a SMPD simple substance but the feature that in the state which carried compound semiconductor circuits, such as AlAs, is sufficient, and the flexibility of an application region is very big technology.

015]

example] Hereafter, with reference to a drawing, the example of this invention is explained in detail.

016] (Example 1) Drawing 2 (a) and (b) show the 1st example of this invention. The substrate in which, as for S1, a device is carried, and 2 and 2 are the electrodes of interchange digital type among drawing, and 2a is those finger-like portions. It is the semiconductor film with which the 1st of an electrode and the 2nd takeoff connection carried out 3 and 3', and A carried out the epitaxial lift off of an antireflection film and the F.

017] (a) of drawing 2 shows the plan which meets the A-A line of drawing (b), and an element shows [(b)] a side elevation. It has the structure where it was made to rival so that the field where the electrodes 2 and 2 of interchange digital type are allotted, and the electrodes 2 and 2 exist on the thin semiconductor film F in this example, and the substrate S1 holding a device may face each other, and so that 2nd ejection electrode 3' formed on the substrate S1 and the takeoff connection (the 1st) 3 of the interchange digital electrode 2 may contact. The acid-resisting side is arranged the field (drawing (b) upper surface) contrary to the lamination side of the aforementioned film F, and it is nonreflective and incorporates in a film so that the lightwave signal on the upper surface of an element may be received. It has the structure where finger section 2a of the interchange digital electrode 2 faces a substrate 1 through an opening with the aforementioned film F.

018] The quality of the material of the semiconductor of Film F consists of a compound semiconductor like GaAs in this example, and the thickness is taken as size order, such as a line/space of the interchange digital electrode 2. As long as the material of an electrode 2 has the above-mentioned semiconductor 1 and a good schottky diode property theoretically, what material is sufficient as it. A semiconductor like Si is sufficient as the material of a substrate S1, and the same compound semiconductor as the aforementioned film F is sufficient as it, and what material, such as a piezoelectric crystal / magnetic substance / glass / dielectric, is sufficient as it.

019] MSM with such structure As the conventional example described basic operation of PD, it is in the state which impressed bias to the ends child of the electrode 2 of interchange digital type, and if a lightwave signal carries out incidence from substrate 1 front face (however, the wavelength of light is short wavelength and let it be the big thing of energy rather than the absorption edge wavelength decide from the band gap of a semiconductor), an electron will be excite in connection with the lightwave signal which carried out incidence. It is accelerated by bias electric field and the excited electron flows the inside of a semiconductor, and a joint is tunneled or it is taken out by the interchange digital electrode 2 as current exceeding a barrier. Since the number of the electrons excited according to optical intensity increases and current increases, operation which changes a lightwave signal into an electrical signal will be performed.

020] With this structure, air is arranged at the lower part of finger-like section partial 2a, and the semiconductor film has small thickness. Furthermore, what has specific inductive capacity small as a substrate material can be chosen. The electric field impressed from these things will be concentrated on an interaction field with light, and excessive electrostatic capacity becomes small. This shows that the RF property of this element is excellent.

021] (Example 2) Here, an example of the manufacture process of the element of composition of having been shown the aforementioned example 1 at drawing 3 (a) - (h) is shown.

022] Drawing 3 expresses the cross section of the device in each step as an example of the procedure of the manufacture process of the example of this invention of drawing 2 typically. This process applies fundamentally the technology known as an epitaxial lift off. This technology aims at realizing a monolithic device by building the device near an ideal individually on a perfect crystal, and making this layered product rival in a substrate. With this technology, the etching rate to the fluoric acid of AlAs inserts thin (from 10nm to about 50nm) AlAs in a lower layer compared with other materials, such as GaAs, in the stage of growing up a crystal using about the 7th power of 10, and very large thing, and grows up the layer for realizing a device on it. AlAs is eluted by the wet etching by fluoric acid after formation of a device (or a stage or the stage before formation is sufficient in the middle of formation), and the layer above this AlAs layer is taken up (a lift off is carried out). This lift-off work could use completely, after the technology choose etching conditions from which a reaction does not occur violently, and applied the Apiezon wax in

nt of a lift off at the front face of an ablation film, used the stress by it, and made it the foam which came out escape s developed, in order to avoid that a film is damaged for the foam which comes out at the time of a lift off. Although thickness of the film by which a lift off is carried out changes with the structure of a device, existence of a buffer er, etc., usually, it is about several micrometers from several 100nm, and the size is possible to the size of about 1- n. Although attachment of the film to a substrate top also has a method using adhesives, it is the method the method ng adhesives had the adhesion most suitable for by Van der Waals force preferably from points, such as a pollution ntrol of a substrate, and flatness reservation. The demand which carries out lamination of the chip in which the /rice was carried conventionally by etching exists in a power device etc., and although the method of deleting a /strate by polish [mechanical for this reason] is taken, with this technology, a limitation is in lamination (100- rometer order). Although the whole substrate is melted by etching and there is also last method, a process is npllicated and it cannot be called a practical method. By carrying out a lift off, in spite of being the method which d easy technology of [on the other hand] a lift off in this lift-off method as the base, there is almost no injury, there io problem of a defect like the film manufactured by epitaxial growth in a device, and there is the feature that the egrated-circuit process of the from after sticking is possible in it, from thickness being very smaller still.

023] It is a carrier sheet for the etching layer at the time of carrying out the lift off of the compound semiconductor /strate and LF by which the film F with which the lift off of S0 is carried out among drawing is produced, and W /ving CF1, and a stress grant film and CF2 moving a film.

024] AlAs is first grown epitaxially into the compound semiconductor substrate S0 as an etching layer LF at the time a lift off as shown in drawing. The semiconductor film substrate F is grown epitaxially as a device layer on this hing layer LF. And the electrode 2 of interchange digital type is formed on this substrate F, and it is MSM. PD is stituted (step (a)), next with the foam generated with etching of LF at the time of a lift off, the stress grant film ax film) W is attached so that destruction of Film F may not take place. As a result of this wax film's W requiring ess for Film F while etching advances, and Film's F curving, the role which emits a foam outside is played (step (b)). en, it has elasticity and the carrier sheet CF 1 with which the hole which etching and a foam can move freely up and wn opened is pasted up. This carrier sheet CF 1 has the structure which made the small hole in the film of a romolecule like a polyimide. Therefore, there is elasticity in a sheet, and it is absorbable even if distortion joins at was stuck on it. Since a size has the need of supporting the exfoliating film, it is necessary to be less than /several] to the size of a film and, and although neither the size of a hole nor especially the thickness of a film is cifying things, as long as thickness is the size which can be mechanically treated in the state of a film, it may be thin w much. In the case of a high polymer film, I will become possible to a thing with a size of about several rometers (step (c)). If the laminate of this state is dipped in the etching reagent which consists of thin fluoric acid ution and AlAs (LF) is melted away, where the carrier sheet CF 1 is pasted, the lift off of the semiconductor film F ll be carried out (step (d)). Another carrier CF 2 is stuck on the front-face side where the lift off of the semiconductor n F was carried out in this state (step (e)). If it dips in the organic solvent in this state, while the stress grant film W ll dissolve and the carrier sheet CF 1 will separate, cleaning of the front face of the semiconductor film F can be /formed (step (f)). Next, ejection electrode 3' for interchange digital type electrode 2 is formed in the predetermined sition on S1 substrate which constitutes a device, and alignment is carried out and it pastes up so that a position may , the ejection electrode 3 of an electrode 2, and connection ejection electrode 3' (a step (g), (h)). Various kinds of hods, such as welding on both sides of the metals or low melting point metal of the ejection electrode 3 and 3' ich use adsorption by Van der Waals force as a pasting-up method in between, or pasting up by the ctroconductive glue, are possible. An antireflection film A is attached to the field as for which a lightwave signal ries out incidence to the last, and a device is done.

025] (Example 3) A deformation change various [without changing the fundamental view of this invention] is ssible, and this example is one of them. As shown in (a) and (b), drawing 4 arranges it on the substrate S1 orehand rather than constitutes the interchange digital electrode 2 from this example on the semiconductor film F, d puts and carries out the pressure welding of the semiconductor film F from on the. In the state which attached the ctrode also to the semiconductor film F side also in the state where any electrode is not attached to the niconductor film F, either is sufficient. If it considers also with such structure so that connection of an electrode and ilm may become perfect, it is clear that the same device as drawing 2 is realizable.

026] (Example 4) Drawing 5 is the 3rd example of this invention. In this example, the insulator layer I with a small lectric constant is arranged on substrate S1 front face, and the photodiode (PD) of the shape of a film which consists the interchange digital electrode 2, a semiconductor film F, and an antireflection film A on it is allotted. In this case, luction of electrode capacitance is attained and high-speed operation becomes possible. Since the principle of eration and the property acquired are in agreement with the property of a device shown in drawing 2, explanation is itted.

027] (Example 5) In the 4th example shown in drawing 6 , it is characterized by allotting Mirror M directly under PD of the example 3 shown in drawing 5 / for a light sensing portion]. As long as Mirror M is a material in which lightwave signals, such as a metal or a semiconductor superlattice, are reflected efficiently, what thing is sufficient as It is the example which raised the conversion efficiency in this example further when the light which was not absorbed with the semiconductor film F reflected what began to leak in the substrate S1 direction from the space portion of the finger-like portion of the interchange digital electrode 2 and returned to the semiconductor film F again. Example 6) Drawing 7 is the 5th example of this invention. In this example, it is what arranged the semiconductor film F only on a part for the light sensing portion of the interchange digital electrode 2, and the merit that electrostatic capacity is mitigable in this case arises.

028] In addition, although production of a semiconductor film was performed by the epitaxial lift-off method in each prementioned example, as long as it has the same structure, a thin film may be grown up on a heterogeneous semiconductor, a device may be produced on it, the substrate itself may be melted, and last method [like] may be used, for example, anythings do not interfere. Moreover, with the semiconductor of many crystalloids, since there is no demand of epitaxial growth, the method of the organic substance, such as a resist, glass, etc. forming a multi-crystalloid film on amorphous, and exfoliating with device composition may be used.

029] Moreover, although explanation was added as interchange digital type, all electrode structures of exist [the used] may be clear, and if it is the electrode of the involution form, the object of what structure is sufficient as them.

030]

Effect of the Invention] MSM which does not have the increase in electrode resistance, therefore was excellent in the property under electrostatic capacity small moreover with a large conversion efficiency, without a lightwave signal being covered by the electrode according to this invention as explained above PD is realizable for the basis of an easy process. Moreover, if this invention is used, it is realizable in a monolithic form on a heterogeneous substrate or other substrate which other electronic circuitries and optical circuits consist of.

translation done.]

NOTICES *

pan Patent Office is not responsible for any
 mages caused by the use of this translation.

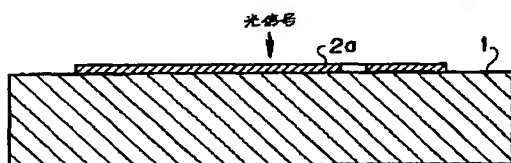
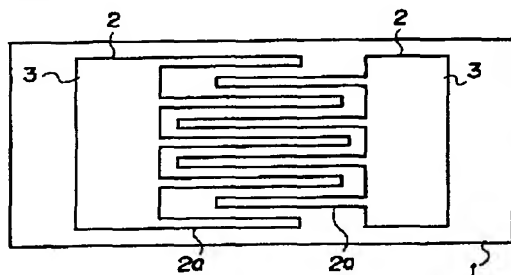
[his document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

*** shows the word which can not be translated.

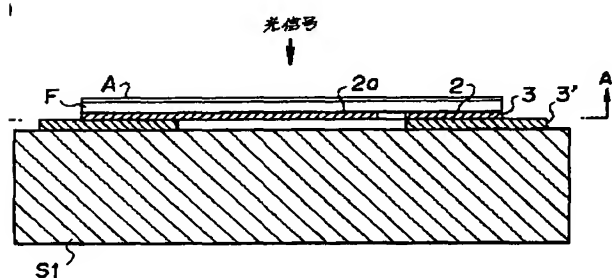
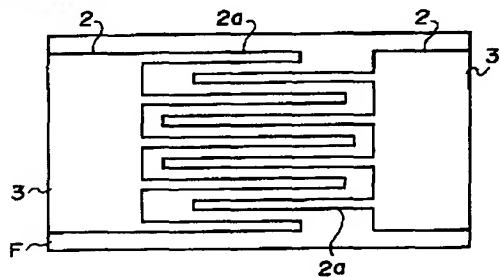
n the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

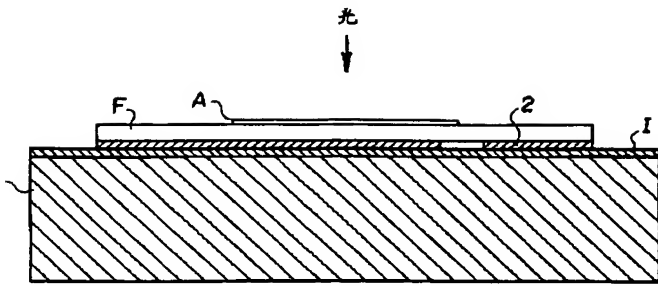
rawing 1]



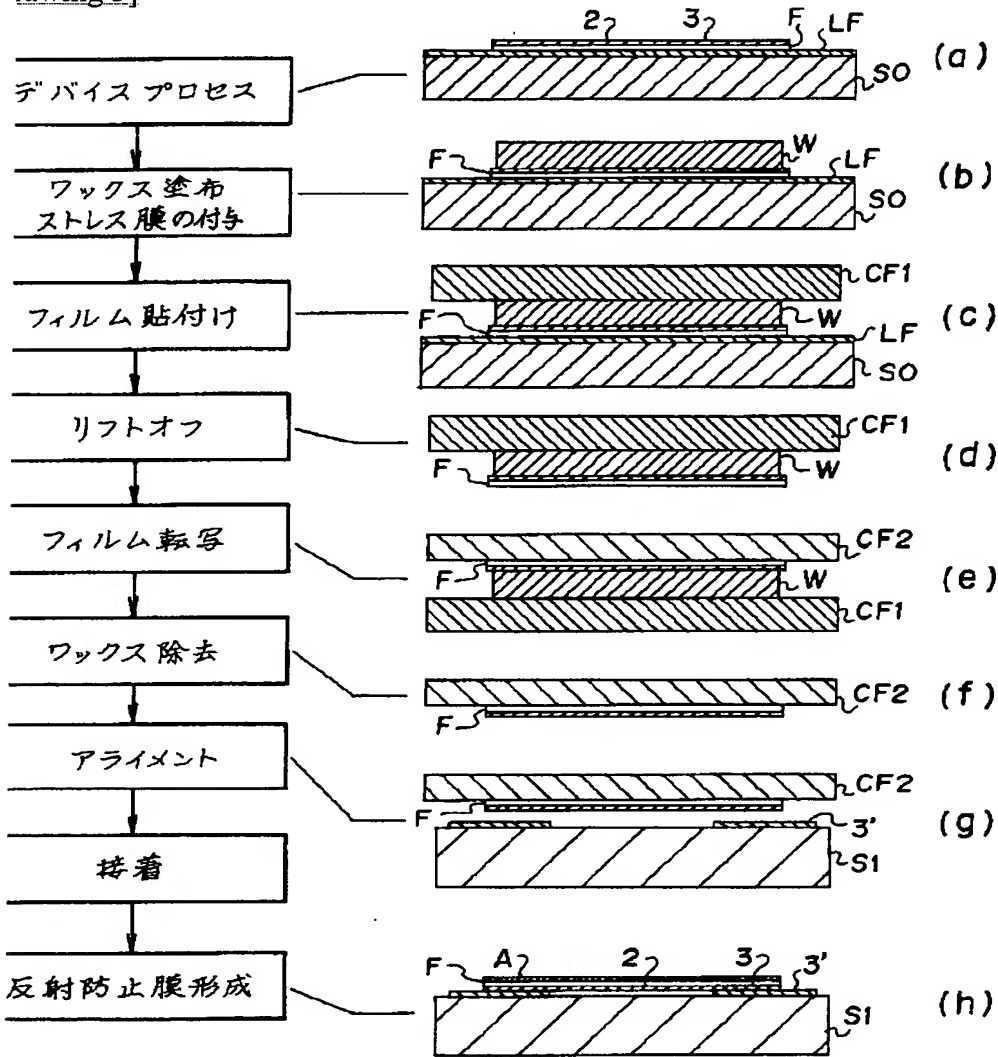
rawing 2]



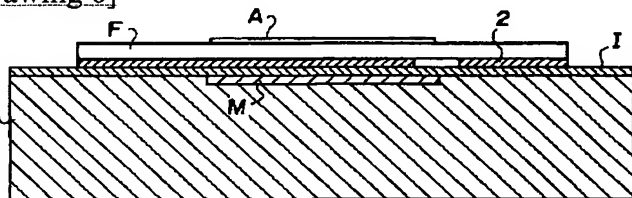
rawing 5]



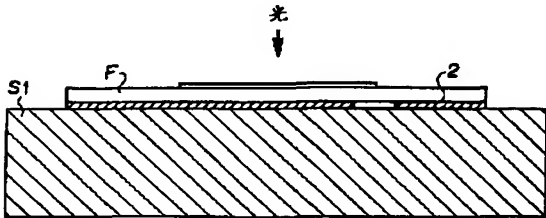
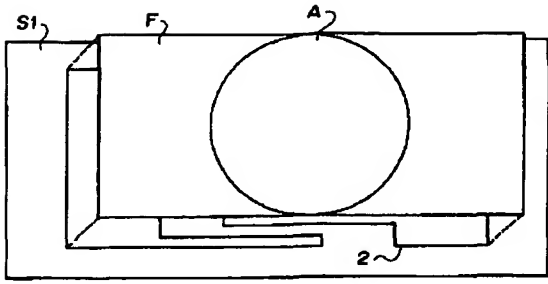
rawing 3]



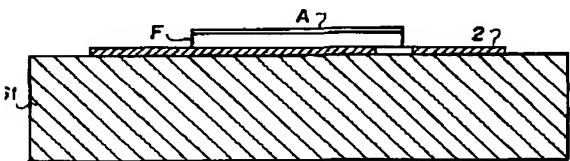
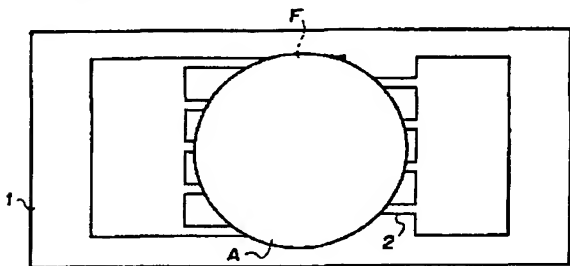
rawing 6]



rawing 4]



rawing 7]



ranslation done.]